

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ СВЯЗИ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

**А.С. Аджемов**, генеральный директор ФГУП ЦНИИС, к.т.н.

**А.Б. Васильев**, заместитель генерального директора ФГУП ЦНИИС, к.т.н.

**А.Е. Кучерявый**, советник генерального директора ФГУП ЦНИИС, д.т.н.

Сети связи общего пользования (ССОП) развиваются уже более 100 лет: сначала — аналоговые, затем — цифровые, сегодня — пакетные. Вид сети является главной, но далеко не единственной метрикой сети. В статье рассмотрены существующие и перспективные архитектурные вопросы построения ССОП, качество обслуживания (QoS) и качество восприятия как сетевые метрики ССОП, модели трафика ССОП и проблемы обеспечения информационной безопасности.

**Архитектурные вопросы построения ССОП.** В последние годы архитектура ССОП формировалась на основе двух основополагающих направлений развития сетей: конвергенции и гармонизации [1,2]. Конвергенция обеспечила при сетевом развитии совместное использование ресурсов ССОП с помощью всевозможных технологий: сотовых, Интернет, фиксированной связи, а гармонизация предоставила возможность пользователю получать услуги в любой из перечисленных сетей единообразным способом.

Оба направления в конечном счете кристаллизовались в концепцию сетей связи следующего поколения — NGN (Next Generation Network) [3], при реализации которой мировое инженерное сообщество впервые поставило перед собой цель построить сеть связи с гарантированным уровнем QoS.

Зачастую NGN рассматривается как пакетная ССОП. Действительно, только пакетный способ передачи информации позволил гармонизировать предоставление услуг речи, данных, видео, например, при использовании технологии Triple Play. Вместе с тем, именно пакетный способ передачи информации создал базу для построения сети с гарантированным уровнем QoS. Естественно, для каждого из пользователей в соответствии с тем классом гарантированного уровня QoS, который пользователь в состоянии заказать у сети. При этом происходит дифференциация пользователей по классам гарантированного QoS, а для его обеспечения в сетях появляется механизм DiffServ, определяемый как дифференцированные услуги.

Создание механизма DiffServ оказало прямое воздействие на архитектуру сети [4]. В современных представлениях сеть NGN — это совокупность доменов DiffServ, связанных между собой на основе соглашений об уровне обслуживания SLA (Service Level Agreement). SLA — это комплексная метрика сети, включающая определение параметров трафика, требования по его обслуживанию, параметры мониторинга и т. д. Отношения операторов доменов DiffServ и пользователей также строятся на основе SLA, при этом следует отметить, что в идеальном случае SLA должно включать параметры для всего жизненного цикла по предоставлению услуги. Неслучайно, рекомендация ETSI EG 202 009-3 по составлению SLA содержит более 50 страниц.

Итак, сеть NGN состоит из доменов DiffServ, связанных между собой и пользователями на основе SLA. При этом способы обслуживания трафика внутри домена DiffServ являются строго предметом внутренней деятельности оператора домена, хотя и существуют технические рекомендации по организации обслуживания трафика внутри доменов на основе механизма поведения на переходе PBN (Per Hop Behavior).

Такой подход к построению сети с гарантированным уровнем QoS эволюционно приведет к уменьшению уровней иерархии сети (вплоть до их отсутствия — так называемые молекулярные сети) и в принципе к значительному упрощению системы управления сетью, которая естественным образом станет децентрализованной.

В процессе эволюции сетей связи происходило много изменений, но никогда не затрагивался вопрос о стабильности архитектуры. И узлы сети, и взаимосвязи между ними были достаточно устойчивы и даже существовала и существует такая сетевая метрика как устойчивость.

Сегодня на пороге внедрения стоят так называемые самоорганизующиеся (self — organizing) сети. В таких сетях не существует стабильной архитектуры, число узлов в них и их взаимосвязи случайны, при этом число узлов  $N$  изменяется в широких пределах от 0 до  $N_{\max}$ , где  $N_{\max}$  — максимальное число узлов, которое может функционировать с заданными параметрами QoS на некоторой определенной территории.

*Самоорганизующиеся сети* подразделяются на целевые (Ad Hoc — латинское словосочетание, в переводе на английский — for this purpose) и ячеистые (Mesh) сети [5,6]. Основное отличие между Ad Hoc- и Mesh-сетями состоит в том, что Ad Hoc-структура образует клиентскую сеть, т. е. сеть без транзитных функций, а Mesh — транзитную сеть. В соответствии с более сложной функциональностью Mesh-сети при ее построении различают также родительские и дочерние сети.

В настоящее время уже достаточно много новых технологий, реализующих Ad Hoc- и Mesh-структуры. К ним, в первую очередь, можно отнести беспроводные локальные сети WLAN (Wireless Local Area Network) на основе стандартов IEEE 802.11, беспроводные сенсорные сети WSN (Wireless Sensor Network) на базе стандарта IEEE 802.15.4. Эти технологии поддержаны практической реализацией и сегодня стали основой для построения принципиально новых самоорганизующихся сетей [7].

В качестве примера планируемых к внедрению самоорганизующихся сетей можно привести целевую сеть для транспортных средств (VANET — Vehicular Ad Hoc Network) [8], целевую домашнюю сеть (HANET — Home Ad Hoc Network) и т. д. Особое место в предстоящем внедре-

нии самоорганизующихся сетей занимают беспроводные сенсорные сети (WSN — Wireless Sensor Network).

Беспроводные сенсоры и сенсорные узлы, которые и образуют WSN, могут быть использованы для мониторинга и контроля практически любых сфер жизнедеятельности человека. Уже сегодня в опытных проектах беспроводные сенсоры располагаются в механизмах, конструкциях, на/в теле человека, животных и т. д. Да и сама аббревиатура WSN все более уступает место USN (Ubiquitous Sensor Network) — всепроникающим сенсорным сетям, более точно иллюстрирующим возможности беспроводных сенсорных сетей [9]. Судя по всему, влияние этой технологии будет настолько велико, что в предстоящие 10 лет мы станем свидетелями создания не только и-сетей, но и и-обществ.

**Качество обслуживания и качество восприятия. Модели трафика.** Как уже отмечалось выше, NGN задумана как сеть с гарантированным уровнем QoS. Естественно, при этом проблемам QoS уделяется достаточно много внимания. В последнее время в результате дополнительных исследований проблем обеспечения QoS в NGN было выдвинуто предложение о введении новой метрики качества — качество восприятия (QoE — Quality of Experience). QoE должно объединить в себе как объективно измеряемые показатели качества, например, среднюю задержку, так и субъективные — степень удовлетворительности пользователя контентом, предлагаемым провайдером в сети IPTV.

Следует заметить, что субъективные оценки качества всегда занимали определенное место в оценке QoS, например, методика MOS (Mean Opinion Score) [10] и по сей день широко применяется для субъективных оценок качества передачи речи. Но с появлением IPTV роль субъективных оценок возросла настолько, что потребовалась новая метрика качества — QoE [11, 12]. Представляется, что в ближайшие 10 лет разработка методов измерения и мониторинга QoE (как, впрочем, и QoS) станет одной из наиболее важных наукоемких задач в исследовании телекоммуникаций [13].

Вообще IPTV или в более широком смысле — видеопотоки — привнесли в ССОП много нового. Неслучайно, специальные группы по исследованиям в МСЭ-Т созданы по трем вопросам: сетям связи следующего поколения (NGN — GSI, глобальная инициатива по стандартам для NGN), IPTV (IPTV — GSI) и идентификационному менеджменту (IdM — GSI) — для решения вопросов информационной безопасности.

Действительно, IPTV, в первую очередь, создает принципиально новую модель трафика для ССОП. Потоки трафика IPTV в уникастинговом и мультикастинговом режимах характеризуются высокой степенью самоподобия. Параметр Херста для трафика IPTV, как правило, больше 0,6. Кроме того, в NGN трафик IPTV является составляющей мультисервисного трафика, включающего также трафик речи и данных. В результате многочисленных исследований было установлено, что мультисервисный трафик речи, видео и данных (Triple Play) с достаточной для практики степенью точности аппроксимируется дискретным пачечным Марковским процессом. Для расчета сетей NGN и их элементов может быть использован класс моделей вида D-BMAP/D/1/K, где K — размер буфера [14].

**Идентификационный менеджмент.** Проблемы информационной безопасности привлекают внимание исследователей из разных стран, но в настоящее время, к сожалению, еще не имеют решения. Наиболее прагматичным выглядит подход, основанный на дифференциации классов предоставления услуг по гарантированному уровню информационной безопасности. По своей природе он аналогичен подходу к обеспечению гарантированного уровня QoS в NGN.

В работах МСЭ-Т этот подход базируется на концепции идентификационного менеджмента. В настоящее время работы МСЭ-Т по этой тематике выделены в отдельное направление IdM — глобальная стандартизирующая инициатива. Представляется, что IdM станет еще одной важнейшей задачей на ближайшие 10 лет.

**Таким образом, предстоящее десятилетие обещает быть еще более наукоемким в области телекоммуникаций. ЦНИИ-ИС предполагает сосредоточить внимание на проблемах новых сетей связи и новых технологий, а также на взаимосвязанных с их внедрением вопросах качества и информационной безопасности.**

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Аджемов А.С.** Задачи гармонизации технологии Softswitch с особенностями построения российских сетей связи // *Электросвязь*. — 2003. — № 11.
2. **Васильев А.Б., Тарасов Д.В., Андреев Д.В., Кучерявый А.Е.** Тестирование сетей связи следующего поколения. — М.: Изд-во ФГУП ЦНИИС, 2008.
3. **Кучерявый А.Е., Цуприков А.Л.** Сети связи следующего поколения. — М.: Изд-во ФГУП ЦНИИС, 2006.
4. **Кучерявый А.Е., Кучерявый Е.А.** Иерархические и молекулярные сети связи общего пользования // *Электросвязь*. — 2008. — № 2.
5. **Akyildiz I.F., Wang X., Wang W.** Wireless mesh networks: a survey. *Computer Networks and ISDN Systems*. — 2005. — Vol. 47, №4.
6. **Akyildiz I.F.** Key Wireless Networking Technologies in the Next Decade / *Keynote Speech. NEW 2AN 2006*. — St. Petersburg, Russia, June 2006.
7. **Кучерявый А.Е., Парамонов А.И., Кучерявый Е.А.** Сети связи общего пользования. Тенденции развития и методы расчета. — М.: Изд-во ФГУП ЦНИИС, 2008.
8. **Jakubiak J., Koucheryavy Y.** Research Challenges in Vehicular Ad Hoc Networks // *IEEE CCNC, 2008, Proceedings*. — Las Vegas, USA. — January 10–12, 2008.
9. **Аджемов А.С., Кучерявый А.Е.** От e-России к и-России: направления развития телекоммуникаций / *Инновационная экономика России*. — Апрель 2006.
10. **Recommendation P.800.** Methods for subjective determination transmission quality, ITU, 1996.
11. **Recommendation P10/G.100.** Annex 1. Quality of Experience. ITU, 2006.
12. **Draft Recommendation G.IPTV — QoE.** ITU, IPTV — GSI, Seoul, January, 2008.
13. **Recommendation Q.3902.** Parameters to be monitored in the process of operation when implementing NGN technical means in public telecommunication networks // ITU. — January, 2008.
14. **Koucheryavy Y., Moltchanov D., Harju J.** Analytical Evaluation of VoD Traffic Treatment within the EF-enabled DiffServ Ingress and Interior Nodes // *Proc. IEEE ICT'03, Papeete, Tahiti, French Polynesia*. — February 2003.

Получено 24.09.08